

# PENDUGAAN SELANG KEPERCAYAAN BOOTSTRAP BAGI ARAH RATA-RATA DATA SINGKULAR

(*Bootstrap Confidence Interval Estimation of Mean Direction for Circular Data*)

Cici Suhaeni<sup>1</sup>, I Made Sumertajaya<sup>2</sup>, dan Anik Djuraidah<sup>3</sup>

Departemen Statistika FMIPA-IPB

email : <sup>1</sup>[chi2shaeny@yahoo.com](mailto:chi2shaeny@yahoo.com), <sup>2</sup>[imsjaya@yahoo.com](mailto:imsjaya@yahoo.com), <sup>3</sup>[anikdjuraidah@gmail.com](mailto:anikdjuraidah@gmail.com)

## Abstract

*The confidence interval is an estimator based on the sampling distribution. When the sampling distribution can not be derived from population distribution, the bootstrap method can be used to estimate it. Three methods used to estimate the bootstrap confidence interval for circular data were equal-tailed arc (ETA), symmetric arc (SYMA), and likelihood-based arc (LBA). In this study, three methods were evaluated through simulation study. The most important criterion to evaluate them were true coverage and interval width. The simulation results indicated in all methods, the interval width shortened when the concentration parameter increased. True coverage approached confidence level when the concentration parameter were one or more. For small concentration parameter, all three methods appeared unstable. Based on the true coverage, SYMA was the best, while in terms the interval width, LBA was the best one. For both criterion could be summarized that ETA is the best result. ETA applicated for estimate the period of Dengue Fever outbreaks in Bengkulu. The estimation showed that Dengue Fever outbreaks in 2009 were October through January. In 2010, it were January through March, and in 2011, it were June through September.*

**Keywords :** Circular, Bootstrap confidence interval, Equal-tailed arc, Symmetric arc, Likelihood-based arc.

## PENDAHULUAN

Statistika adalah ilmu yang mempelajari tentang pendugaan parameter. Selang kepercayaan merupakan penduga parameter yang sangat penting sebagai pelengkap bagi penduga titik. Proses pendugaan dari selang kepercayaan ini tergantung pada sebaran penarikan contoh yang diturunkan dari sebaran populasi (Moore & McCabe 1998). Pada beberapa kasus, terkadang dijumpai masalah tidak dapat menentukan sebaran penarikan contoh karena sebaran populasi tidak diketahui dan rumitnya menurunkan sebaran penarikan contoh meskipun sebaran populasi diketahui. Masalah tersebut dijumpai baik untuk data linier maupun data sirkular. Untuk mengatasinya, dapat didekati dengan metode bootstrap (Rice 2007).

Metode pendugaan selang kepercayaan bootstrap banyak dikaji oleh para peneliti, diantaranya, Hall (1988a), Hall (1988b), dan Benton & Krishnamoorthy (2002) mengkaji untuk data linier. Pada data sirkular, Fisher & Hall (1989) memperkenalkan metode pendugaan selang kepercayaan bootstrap berdasarkan besaran pivot, yaitu metode busur ekor sama (BES), metode busur simetri (BSIM), dan metode busur berbasis kemungkinan (BBK). Metode ini merupakan pengembangan metode yang diusulkan oleh

Ducharme *et al.* (1985) yaitu hanya menggunakan metode busur simetri.

Hal terpenting yang digunakan untuk mengevaluasi baik buruknya selang kepercayaan adalah lebar selang dan seberapa besar peluang selang tersebut dapat mencakup nilai parameter yang sesungguhnya (Casella dan Berger 2002). Lebar selang sangat dipengaruhi oleh keragaman data. Pada data sirkular yang memiliki sebaran von Mises (normal sirkular), ukuran keragaman data dinyatakan dalam parameter konsentrasi ( $\kappa$ ).

Otieno (2002) telah membandingkan ketiga metode tersebut untuk menduga selang kepercayaan ukuran pemusatan data sirkular dengan menggunakan  $\kappa = 2$  dan  $\kappa = 10$  dengan ukuran contoh  $N = 10$ . Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa metode selang kepercayaan yang berbeda-beda akan cenderung memberikan hasil yang sama atau konvergen dengan meningkatnya parameter konsentrasi. Namun penerapan ketiga metode bootstrap dengan menggunakan  $\kappa = 2$  dan  $\kappa = 10$  masih memberikan efek yang kecil terhadap perubahan selang kepercayaan, sehingga disarankan untuk dilakukan studi simulasi yang lebih luas agar diperoleh kesimpulan yang bersifat umum.

Kasus yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD).

Permasalahan ini menarik untuk dikaji karena DBD merupakan penyakit yang mewabah, terjadi secara nasional, dan dapat menyebabkan kematian. Peubah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah waktu kejadian DBD yang akan diukur melalui waktu (bulan) kedatangan pasien DBD di instalasi rawat inap sebuah rumah sakit. Data waktu (bulan) kedatangan pasien DBD ini merupakan data sirkular yang sebaran populasinya sulit untuk diidentifikasi, sehingga analisis terhadap data ini dapat didekati dengan metode bootstrap untuk data sirkular.

Penelitian ini bertujuan untuk : 1) Mengkaji pengaruh parameter konsentrasi ( $\kappa$ ) terhadap dugaan selang kepercayaan bootstrap bagi arah rata-rata pada metode busur ekor sama, busur simetri, dan busur berbasis kemungkinan. 2) Menduga selang kepercayaan untuk waktu (bulan) terjadinya wabah penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) di Provinsi Bengkulu.

## METODOLOGI

### Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data simulasi dan data riil. Data simulasi digunakan untuk melihat pengaruh perubahan parameter konsentrasi ( $\kappa$ ) terhadap karakteristik selang kepercayaan. Simulasi dilakukan dengan membangkitkan data dari sebaran von Mises dengan nilai  $\kappa = 0.05, 0.5, 1, 1.5, 5, 10, 20, 50, 100$ , ukuran contoh  $N = 10, 30, 50, 100$ , dan arah rata-rata  $0^\circ$ . Untuk melihat konsistensi nilai dugaan, maka pembangkitan data ini akan diulang sebanyak  $M = 1000$  kali menggunakan *software R*.

Data riil digunakan sebagai aplikasi metode pendugaan selang kepercayaan bootstrap yang terbaik. Data yang digunakan adalah data sekunder mengenai jumlah kedatangan pasien DBD tiap bulan di instalasi rawat inap RSUD M Yunus Bengkulu tahun 2009, 2010, dan 2011.

### Metode Analisis

Langkah-langkah analisis data yang dilakukan berkaitan dengan tujuan penelitian terbagi menjadi tiga tahap. Tahap-tahap tersebut, yaitu :

**Tahap I** : Membangkitkan data sebanyak 1000 contoh, disebut data asli.

**Tahap II** : Menentukan selang kepercayaan bootstrap

Selang kepercayaan yang akan dibentuk menggunakan  $\alpha = 0,05$  dan dilakukan pada 1000 contoh dari data simulasi. Adapun langkah-langkah dalam menentukan selang kepercayaannya adalah sebagai berikut :

1. Pengambilan contoh (*sampling*)
2. Menghitung dugaan arah rata-rata
3. Pengambilan contoh ulang (*resampling*)

Ulangi langkah 1 dan 2 sebanyak  $B = 500$  kali untuk memperoleh dugaan arah rata-rata  $\hat{\theta}_1^*, \dots, \hat{\theta}_B^*$ .

4. Menentukan selang kepercayaan bootstrap.

Selang kepercayaan bootstrap bagi arah rata-rata, ditentukan dengan tiga metode, yaitu :

- a. Metode busur ekor sama, dengan prosedur sebagai berikut.

- 1) Menghitung perbedaan ukuran pemusatan (arah rata-rata) dari data asli ( $\hat{\theta}$ ) dan contoh bootstrap ke- $b$  ( $\hat{\theta}_b^*$ ), dengan rumus :

$$\gamma_b = \hat{\theta}_b^* - \hat{\theta}, \quad (-\pi \leq \gamma_b \leq \pi)$$

dan  $b = 1, \dots, B$ .

- 2) Urutkan nilai-nilai  $\gamma_b$  dari yang terkecil sampai yang terbesar.

$$\gamma_1 \leq \gamma_2 \leq \dots \leq \gamma_B$$

- 3) Selang kepercayaan busur ekor sama :

$$[\hat{\theta} + \gamma_{(l+1)}, \hat{\theta} + \gamma_{(m)}]$$

dengan :

$$l = \text{bilangan bulat terbesar} \leq (\frac{1}{2}B\alpha + \frac{1}{2})$$

$$m = B - l$$

$$\gamma_{(l+1)} = \text{nilai } \gamma \text{ pada posisi ke } (l + 1)$$

- b. Metode busur simetri, dengan prosedur sebagai berikut.

- 1) Menghitung perbedaan ukuran pemusatan dari data asli ( $\hat{\theta}$ ) dan contoh bootstrap ke- $b$  ( $\hat{\theta}_b^*$ ), dengan rumus :

$$\Psi_b = |\hat{\theta}_b^* - \hat{\theta}|, \quad (-\pi \leq \Psi_b \leq \pi),$$

$$b = 1, \dots, B$$

- 2) Urutkan  $\Psi_b$  dari yang terkecil sampai yang terbesar

$$\Psi_1 \leq \Psi_2 \leq \dots \leq \Psi_B$$

- 3) Selang kepercayaan busur simetri adalah:

$$[\hat{\theta} - \Psi_m, \hat{\theta} + \Psi_m]$$

dengan :

$$l = B\alpha + \frac{1}{2}$$

$$m = B - l$$

$$\Psi_m = \text{nilai } \Psi \text{ pada posisi ke-} m.$$

- c. Metode Busur Berbasis Kemungkinan

Prosedur metode ini sangat fleksibel, yaitu dengan cara memilih busur terpendek yang mengandung  $(1 - \alpha)B$  dari nilai-nilai  $\hat{\theta}_b^*$ .

**Tahap III** : Mengevaluasi hasil selang dugaan bootstrap

Evaluasi selang kepercayaan didasarkan pada tiga ukuran, yaitu :

- a. Cakupan sebenarnya (*true coverage*), yaitu persentase dari jumlah selang kepercayaan yang dengan benar mencakup arah rata-rata sesungguhnya. Cakupan yang terbaik adalah cakupan yang mendekati atau sama dengan cakupan nominal (tingkat kepercayaan).
- b. Lebar selang, yang merupakan rata-rata lebar selang dari 1000 simulasi. Selang yang terbaik adalah selang terpendek.
- c. Keragaman lebar selang, yang diukur menggunakan ragam sirkular dari 1000 lebar selang hasil simulasi. Semakin kecil nilai dari keragaman lebar selang ini, maka lebar selang

yang dihasilkan semakin seragam atau konsisten.

Proses evaluasi ini ada dua tahap, yaitu :

1. Melihat pengaruh perubahan nilai  $\kappa$  terhadap cakupan dan lebar selang.
2. Membandingkan selang kepercayaan bootstrap dari ketiga metode yang digunakan pada Tahap II.

Prosedur pembandingannya adalah dengan cara memberikan peringkat terhadap ketiga metode pada masing-masing ukuran contoh. Peringkat tertinggi diberi nilai 3, tertinggi kedua diberi nilai 2, dan terendah diberi nilai 1. Kemudian, dihitung rata-rata peringkat dari empat ukuran contoh yang digunakan dalam simulasi ini. Metode yang menempati peringkat tertinggi pada interval  $\kappa$  tertentu dikatakan metode terbaik.

3. Menarik kesimpulan

**Tahap IV :** Implementasi terhadap data riil

Tahap ini adalah mengaplikasikan metode terbaik yang diperoleh dari tahap III terhadap data kasus DBD per bulan di instalasi rawat inap RSUD M. Yunus Bengkulu dari tahun 2009 sampai 2011.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Selang Kepercayaan Bootstrap bagi Arah Rata-rata

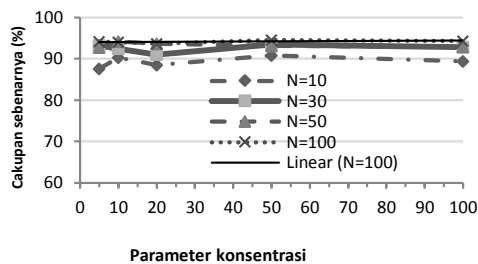
Hasil pendugaan selang kepercayaan bootstrap bagi arah rata-rata untuk metode busur ekor sama,

busur simetri, dan busur berbasis kemungkinan serta evaluasi dari ketiga metode adalah sebagai berikut.

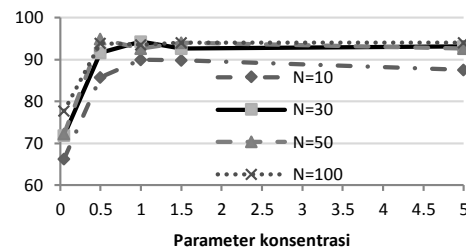
#### a. Busur Ekor Sama (BES)

Gambar 1 memperlihatkan bahwa untuk semua nilai parameter konsentrasi dan ukuran contoh, cakupan sebenarnya selalu berada di bawah cakupan nominal (tingkat kepercayaan), yaitu 95%. Ukuran contoh kecil ( $N=10$ ) menghasilkan cakupan selang yang lebih rendah dari yang lain. Pada  $\kappa = 0.05$ , cakupan selang dari semua ukuran contoh terlihat paling rendah dan jauh di bawah tingkat kepercayaan. Cakupan selang BES mulai stabil mendekati 95% untuk  $\kappa \geq 1$ . Hal ini menunjukkan bahwa, saat datanya menyebar di sekeliling lingkaran, kemampuan selang dalam mencakup arah rata-rata sesungguhnya jauh lebih rendah dari tingkat kepercayaan selang, terlebih lagi jika ukuran contohnya kecil.

Lebar selang BES akan semakin sempit seiring peningkatan parameter konsentrasi (Gambar 2). Ukuran contoh kecil memberikan lebar selang yang lebih besar dari yang lainnya. Namun, setelah  $\kappa \geq 20$  lebar selang dari keempat macam ukuran contoh sudah cenderung sama. Keragaman lebar selang BES juga akan semakin kecil seiring dengan meningkatnya  $\kappa$  (Gambar 3).  $N=10$  cenderung memiliki keragaman lebar selang yang lebih besar dari yang lain. Setelah  $\kappa \geq 5$  keragaman lebar selang terlihat cenderung sama.

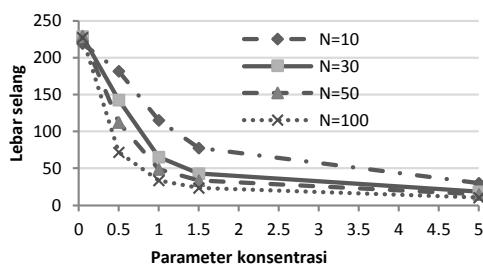


(a)  $\kappa=0.05$  s.d 5

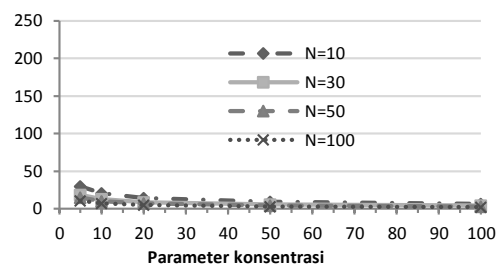


(b)  $\kappa=5$  s.d 100

Gambar 1. Cakupan selang kepercayaan BES

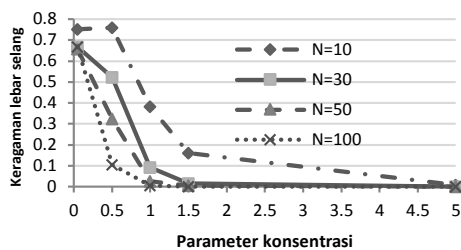


(a)  $\kappa=0.05$  s.d 5



(b)  $\kappa=5$  s.d 100

Gambar 2. Lebar selang kepercayaan BES



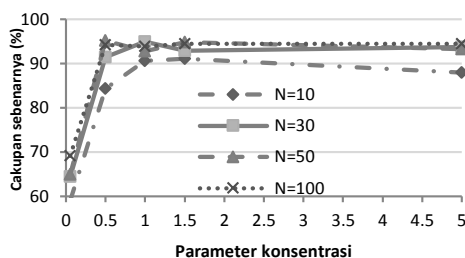
(a)  $\kappa=0.05$  s.d 5

Gambar 3. Keragaman lebar selang BES

b. Busur Simetri (BSIM)

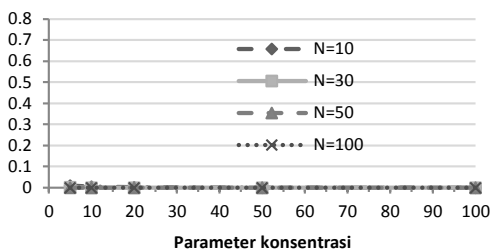
Secara umum, hasil dari selang kepercayaan BSIM sama dengan BES. Pada  $\kappa=0.05$ , cakupan selang yang dihasilkan juga rendah dan jauh dari tingkat kepercayaan selang. Cakupan selang akan mulai stabil mendekati tingkat kepercayaan selang saat  $\kappa \geq 1$  (Gambar 4).

Lebar selang juga menunjukkan pola yang sama dengan BES (Gambar 5). Semakin besar



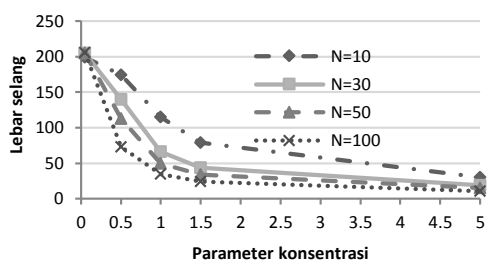
(a)  $\kappa=0.05$  s.d 5

Gambar 4. Cakupan selang kepercayaan BSIM



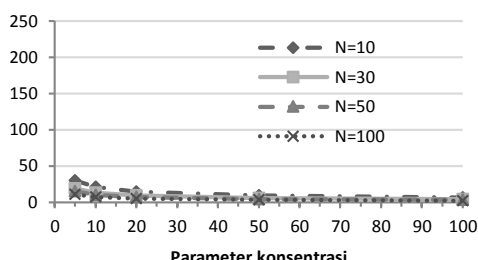
(b)  $\kappa=5$  s.d 100

parameter konsentrasi maka lebar selang kepercayaan BSIM akan semakin sempit. Lebar selang dari keempat ukuran contoh akan mulai sama saat  $\kappa=20$ . Untuk  $N=10$ , keragaman lebar selang pada  $\kappa=0.05$  lebih kecil daripada  $\kappa=0.5$ . Setelah  $\kappa \geq 0.5$ , keragaman lebar selang semakin menurun seiring dengan meningkatnya parameter konsentrasi. Dari keempat ukuran contoh, keragaman lebar selang cenderung sama saat  $\kappa = 5$  (Gambar 6).

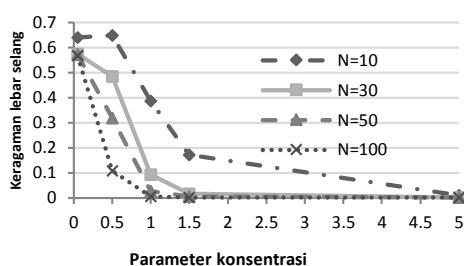


(a)  $\kappa=0.05$  s.d 5

Gambar 5. Lebar selang kepercayaan BSIM

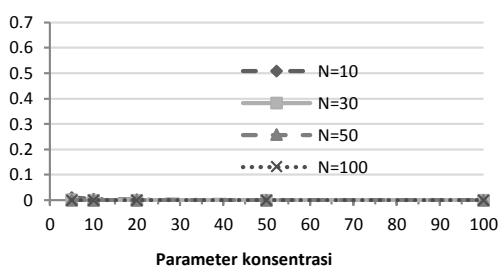


(b)  $\kappa=5$  s.d 100



(a)  $\kappa=0.05$  s.d 5

Gambar 6. Keragaman lebar selang BSIM



(b)  $\kappa=5$  s.d 100

c. Busur Berbasis Kemungkinan (BBK)

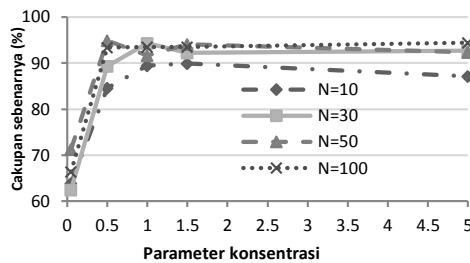
Hasil selang kepercayaan BBK serupa dengan BSIM. Cakupan selang jauh dari 95% saat  $\kappa < 1$ , setelah  $\kappa \geq 1$  cakupan selang mulai stabil mendekati 95% (Gambar 7). Lebar selang juga akan semakin sempit seiring dengan meningkatnya parameter konsentrasi. Pada  $\kappa = 20$ , keempat ukuran contoh memberikan lebar selang yang cenderung sama (Gambar 8).

Keragaman lebar selang BBK memiliki perilaku yang sama dengan selang BSIM. Keragaman lebar selang saat  $\kappa = 0.05$  lebih kecil dari pada saat  $\kappa = 0.5$ . Setelah itu, keragaman akan terus menurun seiring dengan meningkatnya  $\kappa$ . Pada  $\kappa = 5$ , keempat macam ukuran contoh memberikan hasil yang hampir sama (Gambar 9).

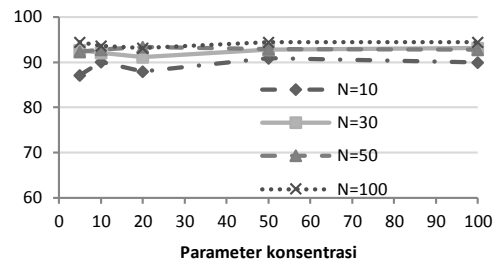
d. Evaluasi ketiga metode

Dari uraian hasil selang kepercayaan BES, BSIM, dan BBK, secara umum diperoleh

kesamaan perilaku selang kepercayaan berdasarkan tiga ukuran. Cakupan selang kepercayaan akan terlihat stabil dan mendekati tingkat kepercayaan 95% saat parameter konsentrasinya lebih dari atau sama dengan 1. Selang kepercayaan dari ketiga metode akan semakin sempit dan sama (konvergen) seiring dengan meningkatnya parameter konsentrasi. Hasil ini sama dengan penelitian Otieno (2002). Kekonvergenan lebar selang dari ketiga metode dijumpai saat parameter konsentrasinya sudah mencapai 20. Artinya, pada data dengan  $\kappa = 20$  berapapun ukuran contohnya ketiga metode memberikan lebar yang relatif sama. Keragaman lebar selang memiliki pola yang sama dengan lebar selang, yaitu semakin kecil seiring meningkatnya parameter konsentrasi. Ukuran contoh kecil selalu memberikan keragaman lebar selang yang paling besar.

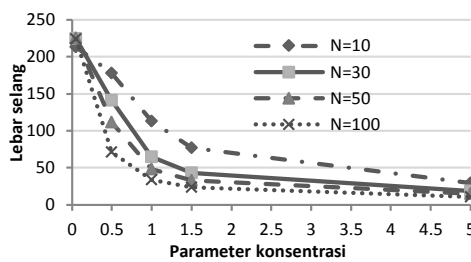


(a)  $\kappa = 0.05$  s.d 5

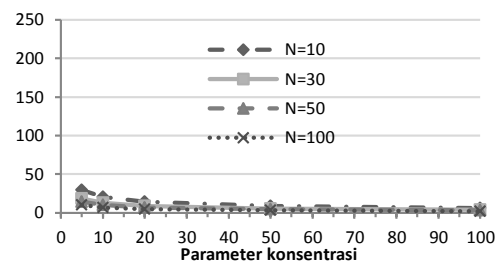


(b)  $\kappa = 5$  s.d 100

Gambar 7. Cakupan selang kepercayaan BBK

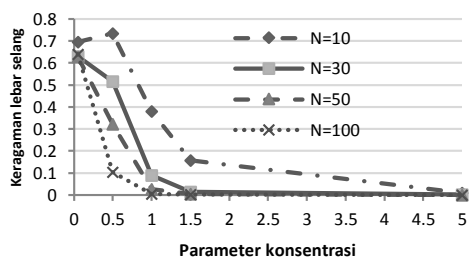


(a)  $\kappa = 0.05$  s.d 5

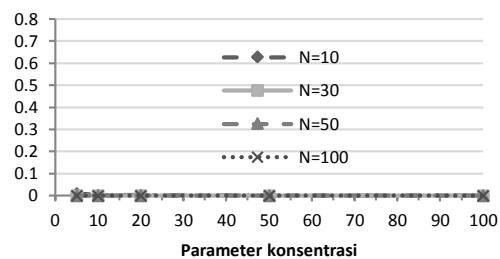


(b)  $\kappa = 5$  s.d 100

Gambar 8. Lebar selang kepercayaan BBK



(a)  $\kappa = 0.05$  s.d 5



(b)  $\kappa = 5$  s.d 100

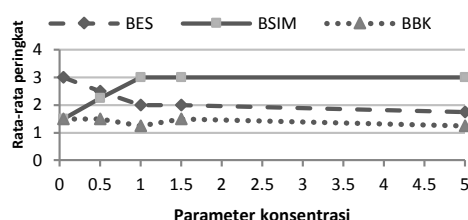
Gambar 9. Keragaman lebar selang kepercayaan BBK

Parameter konsentrasi merupakan ukuran konsentrasi data terhadap arah rata-ratanya (Jammalamadaka & SenGupta 2001; Fisher 1995). Parameter konsentrasi yang kecil menandakan bahwa titik-titik data menyebar di sekeliling lingkaran, dan sebaliknya. Keragaman lebar selang menunjukkan konsistensi lebar selang dari 1000 simulasi. Keragaman yang besar menandakan bahwa lebar selang yang dihasilkan dari 1000 simulasi cenderung beragam atau tidak konsisten, dan sebaliknya. Hasil dugaan selang dari ketiga metode mengindikasikan bahwa, saat datanya menyebar di sekeliling lingkaran selang kepercayaan dari 1000 simulasi akan memiliki lebar yang beragam atau tidak konsisten. Saat datanya mengumpul, berapapun ukuran contohnya lebar selang dari 1000 simulasi akan cenderung seragam atau konsisten.

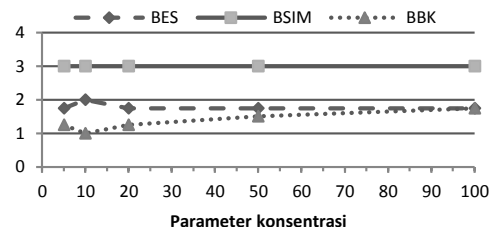
Hasil perbandingan ketiga metode menunjukkan bahwa pada  $\kappa=0.05$  metode BES memiliki cakupan yang paling baik dan BSIM

sama dengan BBK. Pada  $\kappa=0.5$  metode BES sama dengan BSIM memiliki cakupan terbaik. Setelah  $\kappa \geq 1$ , cakupan selang mulai stabil dan metode BSIM yang memiliki cakupan tertinggi, metode BES tertinggi kedua, dan BBK memiliki cakupan yang paling rendah (Gambar 10). Dengan demikian, saat parameter konsentrasinya kecil maka ketiga metode memberikan cakupan yang tidak stabil.

Berdasarkan lebar selang, pada  $\kappa=0.05$  metode BSIM memberikan selang tersempit dan metode BES memberikan selang terlebar. Pada parameter konsentrasi 0.5, metode BBK paling sempit dan BES paling lebar. Hal tersebut juga mengindikasikan bahwa saat parameter konsentrasinya kecil, lebar selang dari ketiga metode terlihat tidak stabil. Setelah  $\kappa \geq 1$ , metode BBK stabil memberikan selang tersempit dan BSIM memberikan selang terlebar, sedangkan BES berada ditengah-tengah (Gambar 11).

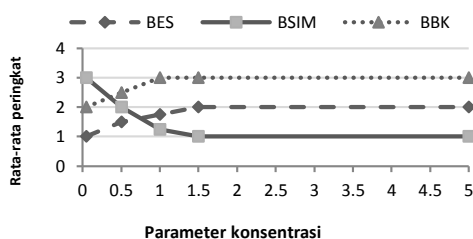


(a)  $\kappa=0.05$  s.d 5

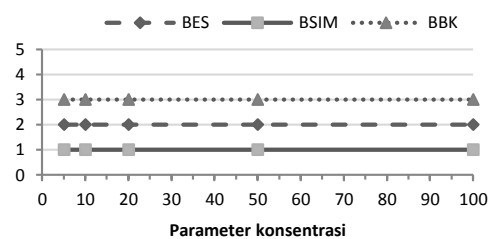


(b)  $\kappa=5$  s.d 100

Gambar 10. Peringkat dari cakupan selang kepercayaan bagi arah rata-rata

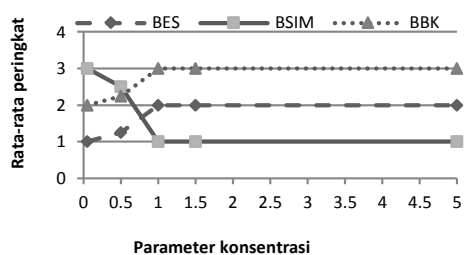


(a)  $\kappa=0.05$  s.d 5

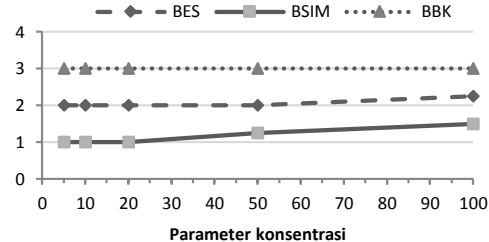


(b)  $\kappa=5$  s.d 100

Gambar 11. Peringkat dari lebar selang kepercayaan bagi arah rata-rata



(a)  $\kappa=0.05$  s.d 5



(b)  $\kappa=5$  s.d 100

Gambar 12. Peringkat dari keragaman lebar selang kepercayaan bagi arah rata-rata

Pada Gambar 12 terlihat bahwa pada saat  $\kappa < 1$ , metode BSIM memberikan keragaman lebar selang terkecil, sedangkan BES memberikan keragaman terbesar. Namun, untuk  $\kappa \geq 1$ , metode BBK memiliki keragaman terkecil, BSIM memiliki keragaman terbesar, dan BES stabil berada di tengah-tengah. Karena metode BBK memberikan keragaman yang paling kecil untuk  $\kappa \geq 1$ , maka pada  $\kappa \geq 1$  metode tersebut memiliki lebar selang lebih konsisten atau seragam dari yang lainnya. Sehingga, BBK merupakan metode yang terbaik berdasarkan lebar selang karena memiliki lebar tersempit dan keragaman lebar selang terkecil. Metode terbaik kedua adalah BES dan terakhir adalah BSIM.

Berdasarkan perbandingan-perbandingan sesuai tiga ukuran selang, tidak ada metode yang konsisten selalu menempati peringkat tertinggi, terlebih lagi saat  $\kappa < 1$ . Oleh karena itu, untuk  $\kappa < 1$  penentuan metode terbaik tergantung pada kondisi data. Ukuran utama yang dijadikan dasar penentuan kebaikan selang adalah cakupan sebenarnya, karena ini terkait dengan keakuratan dugaan terhadap parameter populasi. Namun, untuk  $\kappa \geq 1$  ketiga metode menghasilkan perbedaan angka yang tidak terlalu besar. Sehingga metode terbaik diambil dari metode yang memiliki posisi peringkat konsisten berada di tengah-tengah dari semua ukuran selang. Metode tersebut adalah busur ekor sama.

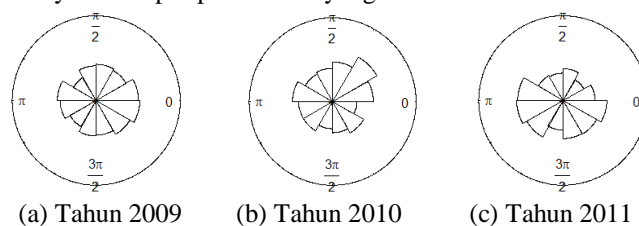
#### Selang Kepercayaan Waktu Terjadinya Wabah DBD di Provinsi Bengkulu

Gambar 13 merupakan diagram mawar yang menunjukkan gambaran data DBD. Juring yang panjang menghadap sudut tertentu menunjukkan jumlah penderita banyak terdapat pada bulan yang

bersesuaian dengan sudut tersebut. Pada Tahun 2009 kasus DBD banyak dijumpai pada bulan Januari dan Desember, Tahun 2010 pada Januari dan Februari, serta Tahun 2011 pada Juni, Juli, dan Desember.

Tabel 1 merupakan ringkasan dari statistika deskriptif dan hasil dugaan selang kepercayaan untuk data DBD. Parameter konsentrasi yang berkisar 0.3 dan ragam sirkular 0.8 menunjukkan bahwa data menyebar di sekeliling lingkaran. Hal ini berarti bahwa pasien DBD yang dirawat di RSUD M. Yunus Bengkulu selalu ada pada setiap bulan. Jumlah penderita pada tahun 2009 ada 291 pasien dengan rata-rata bulan mewabahnya DBD sekitar Desember ( $4.399^\circ$ ). Pada tahun 2010 ada 336 pasien dengan rata-rata bulan mewabahnya DBD sekitar bulan Februari ( $81.909^\circ$ ). Sedangkan pada tahun 2011, ada 361 pasien dengan rata-rata bulan mewabahnya DBD adalah bulan Agustus ( $250.834^\circ$ ).

Penerapan metode busur ekor sama untuk pendugaan selang kepercayaan pada data DBD menunjukkan bahwa periode waktu wabah DBD di Provinsi Bengkulu selalu berbeda pada tiga tahun terakhir. Pada tahun 2009 DBD mewabah pada bulan Oktober sampai Januari ( $314.119^\circ$  s.d  $51.001^\circ$ ), tahun 2010 pada bulan Januari sampai Maret ( $56.436^\circ$  s.d  $109.413^\circ$ ), dan tahun 2011 pada bulan Juni sampai September ( $225.916^\circ$  s.d  $278.801^\circ$ ). Perbedaan dugaan periode waktu terjadinya wabah DBD di Provinsi Bengkulu pada tiga tahun terakhir ini dapat disebabkan karena adanya perubahan keadaan mengenai faktor-faktor yang berpengaruh terhadap peningkatan kejadian DBD tersebut pada setiap tahunnya, terutama perubahan iklim.



Gambar 13. Diagram mawar data DBD Provinsi Bengkulu

Tabel 1 Statistika deskriptif sirkular dan selang kepercayaan data DBD

Ukuran	Tahun		
	2009	2010	2011
N	291	336	361
Parameter konsentrasi	0.209	0.309	0.325
Ragam sirkular	0.896	0.847	0.839
Arah rata-rata	$4.399^0$	$81.909^0$	$250.834^0$
Batas atas selang	$51.001^0$	$109.413^0$	$278.801^0$
Batas bawah selang	$314.119^0$	$56.436^0$	$225.916^0$

## SIMPULAN

Pada parameter konsentrasi yang kecil ( $\kappa < 1$ ), ketiga metode pendugaan selang kepercayaan bootstrap bagi arah rata-rata menghasilkan cakupan yang cenderung tidak stabil. Metode yang memiliki cakupan terbaik pada kondisi ini adalah busur ekor sama. Setelah  $\kappa \geq 1$ , ketiga metode cenderung memberikan cakupan yang stabil mendekati tingkat kepercayaan dan yang terbaik adalah busur simetri.

Lebar selang dari ketiga metode juga tidak stabil pada  $\kappa < 1$ . Metode terbaik pada kondisi ini adalah busur simetri. Pada  $\kappa \geq 1$ , ketiga metode memiliki lebar yang stabil. Metode yang terbaik adalah busur berbasis kemungkinan. Secara umum, ketiga metode cenderung memberikan selang yang semakin sempit dan sama (konvergen) seiring dengan meningkatnya parameter konsentrasi. Kekonvergenan lebar selang ini dicapai saat parameter konsentrasinya sekitar 20. Dari segi cakupan dan lebar selang, pada  $\kappa \geq 1$  metode terbaik adalah busur ekor sama.

Periode waktu wabah DBD di Provinsi Bengkulu selalu berbeda pada tiga tahun terakhir. Tahun 2009 periodenya adalah Oktober sampai Januari, tahun 2010 adalah Januari sampai Maret, dan tahun 2011 adalah Juni sampai September.

## DAFTAR PUSTAKA

Benton D, Krishnamoorthy K. 2002. Performance of the Parametric Bootstrap Method in Small Sample Interval Estimates. *Adv. & Appl. In Stat*, 2 : 269-285

- Casella G, Berger RL. 2002. *Statistical Inference*. California : Duxbury.
- Ducharme GR, Jhun M, Romano J, dan Truong KN. 1985. Bootstrap Confidence Cones for Directional Data. *Biometrika*, 72 : 637 – 45.
- Fisher NI, Hall P. 1989. Bootstrap Confidence Regions for Directional Data. *Journal of the American Statistical Association*, 84 : 996-1002.
- Fisher NI. 1995. *Statistical Analysis of Circular Data*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hall P. 1988a. On Symetric Bootstrap Confidence Intervals. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (methodological)*, 50 : 35– 45.
- Hall P. 1988b. Theoretical Comparison of Bootstrap Confidence Intervals. *The Annals of Statistics*, 16 : 927 – 953.
- Jammalamadaka SR, SenGupta A. 2001. *Topics in Circular Statistics*. Singapore: World Scientific.
- Kemenkes. 2010. Demam Berdarah Dengue. *Buletin Jendela Epidemiologi*, Volume 2. Pusat Data dan Surveilans Epidemiologi Kementerian Kesehatan RI.
- Moore DS, McCabe GP. 1998. *Introduction to the Practice of statistics*. Third edition. New York : W.H. Freeman and Company.
- Otieno BS. 2002. *An Alternative Estimate of Preferred Direction for Circular Data* [Dissertation]. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Rice JA. 2007. *Mathematical Statistics and Data Analysis*. Canada : Duxbury.